

УДК 504.054

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОТХОДОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

Подолец А.А., Марцев А.А.

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича
и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, e-mail: aleksei_podolec@mail.ru

В статье приводятся результаты исследования влияния высоких доз ТМ отходов гальванического производства на функциональные показатели дерново-подзолистых почв (рН, содержание нитратов и органического вещества, показатели дыхания почвы) и на фитотоксичность почвы. В статье описывается состав отхода гальванического производства, используемого в опыте. Описываются характеристики почвы до внесения отхода и после. В результате исследования установлено, что внесенный гальваншлам в дерново-подзолистые почвы в количестве 3,5 кг/дм² статистически достоверно снижает показатели содержания нитратов и дыхание почвы. Статистически достоверно увеличилось содержание рН и органического вещества в почве, что, вероятно, связано с показателями рН ГШ и содержанием в нем органического вещества. Установлено, что внесенный в почву ГШ угнетающе действует на рост и развитие овса посевного (*Аvena sativa*).

Ключевые слова: дерново-подзолистые почвы, тяжелые металлы, рН, биомасса

ASSESSMENT OF WASTE GALVANIC PRODUCTION OF PERFORMANCE-SOD-PODZOLIC SOILS

Podolets A.A., Martsev A.A.

Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, e-mail: martsevaa@yandex.ru

The article presents the results of studies of the effect of high doses of galvanic production on the functional parameters of sod-podzolic soils (pH, nitrates and organic matter, soil respiration indicators) and soils phytotoxicity. The paper describes the composition of the waste galvanic production used in the experiment. It describes the characteristics of the soil before and after the introduction of waste. The study found that the introduction of galvanoshlam in sod-podzolic soils in the amount of 3.5 kg/dm², significantly reduces the performance of nitrate and soil respiration. Statistically significantly increased pH and organic matter content in the soil, which is probably related to the pH of the General Staff and the content of organic matter in it. It has been established that soil application GSH depressing effect on growth and development of oat (*Аvena sativa*).

Keywords: sod-podzolic soils, heavy metals, pH, biomass

В современном мире процессы урбанизации становятся все интенсивнее, число городов и их масштабы постоянно увеличиваются. Различные компоненты окружающей среды на урбанизированных территориях подвергаются разнообразным преобразованиям вследствие интенсивной человеческой деятельности, испытывают постоянное давление техногенного пресса. Состояние почвы городских территорий требует особого внимания, так как влияние транспорта, промышленности, процессов строительства приводит к «компрессии» почвенной системы, что ведет к изменению практически всех ее компонентов, начиная с агрохимических и физических свойств и заканчивая микробиологическими и биохимическими показателями, лишая почвенный покров в городах способности выполнять важные экологические функции. Микробиота и биохимические параметры почвы под влиянием антропоген-

ного воздействия изменяются в первую очередь, поэтому считаются многими исследователями наиболее чувствительными к загрязнению показателями состояния почвенного покрова [1]. В силу особенностей промышленного производства (машиностроение, приборостроение, металлообработка, цветная металлургия и т.п.) ежегодно образуется значительное количество промышленных отходов, содержащих тяжелые металлы. Однако в последние годы происходит увеличение накопления опасных, содержащих высокие концентрации ТМ отходов на территориях промышленных предприятий и несанкционированных свалках, что ведет к загрязнению этими отходами почв и грунтов, из которых ТМ активно мигрируют в сопредельные среды [5].

Цель исследования – изучить пространственную изменчивость функциональных показателей дерново-подзолистых почв, загрязненных высокими дозами тяжелых металлов.

Материалы и методы исследования

Для установления характера зависимости функциональных показателей дерново-подзолистой почвы от высокого уровня загрязнения тяжелыми металлами, в лабораторных условиях был поставлен опыт в вегетационных сосудах. ТМ вносили в почву в составе промышленных отходов (в сухом измельченном виде) – осадков нейтрализации гальваностокков, полученных с одного из приборостроительных заводов Владимирской области, в количестве 3,5 кг/дм².

Почвенные пробы для анализа отбирали на участках с глубин 0–15, 15–30, 30–45 тростьевым буром. С каждого вегетационного сосуда на каждой из глубин отбирали по три объединенные пробы. Отбор и анализ проб проводили через три месяца после внесения гальваношлама.

В почвенных образцах определяли следующие показатели: рН и содержание нитратов (ГОСТ 26483-85 – ГОСТ 26490-85), дыхание почвы (газометрический метод) и содержание органического вещества (определение углерода мокрым сжиганием по Тюрину). Определение содержания ТМ в ГШ проводили рентгеноспектральным флуоресцентным методом на приборе «СПЕКТРОСКАН-МАКС» [4]. Влажность определяли гравиметрически [6], рН – потенциометрически [7].

Для определения фитотоксичности использовали семена овса посевного (*Avena sativa*). В каждый вегетационный сосуд засевали по 100 семян, в течение 3-х месяцев. В конце каждого месяца производили подсчет надземной и подземной фитомассы.

Статистическую обработку проводили с помощью программ Excel и Statistica. Статистически значимую разницу между опытом и контролем определяли с помощью t-критерия для двух независимых выборок в программе Statistica.

Результаты исследования и их обсуждение

В работе изучалось влияние ГШ, внесенного в дерново-подзолистые почвы, которые легкого гранулометрического состава с систематически промывным водным режимом (т.е. система высокой степени проточности) и характеризуются кислой реакцией среды по всему профилю и особенно в подзолистом горизонте, невысокой насыщенностью основаниями, бедны зольными элементами и азотом, имеют небольшие запасы гумуса. Исследования состава гальванического шлама показали, что наибольшее содержание в нем имеют металлы: никель, медь, хром, магний, кобальт. Влажность составляет 24,16%, рН – 5,01 (табл. 1).

Для исследования влияния гальваношлама на функциональные показатели был проведен анализ почвы после внесения в нее ГШ в дозе 3,5 кг/дм². Оказалось, что валовое содержание ТМ в корнеобитаемом слое почвы стало превышать его концентрацию на незагрязненной почве и характеризовалось «как очень высокое» (табл. 2).

Таблица 2
Содержание ТМ в исследуемой почве после внесения в нее ГШ в количестве 3,5 кг/м²

ТМ, мг/кг	Контроль	Опыт
Ni	25	3610
Cu	15	2310,8
Cr	72	938

Полученные данные указывают на значительные превышения концентраций ТМ относительно контроля в 144,4, 154 и в 11,4 раз по никелю, меди и хрому соответственно.

Исследованиями, проведенными С.И. Колесниковым с соавторами, установлено, что при загрязнении почвы ТМ одними из первых нарушаются функции почвы, связанные преимущественно с ее химическими, физико-химическими и биохимическими свойствами: источник элементов питания и энергии, сорбция веществ и микроорганизмов, стимулятор и ингибитор биохимических и других процессов.

В исследуемой почве было проведено измерение следующих показателей без и после внесения ГШ: рН, содержание нитратов, дыхание и содержание органического вещества (табл. 3).

Присутствие незначительного количества питательных веществ в гальваношламе связано, во-первых, с применением в технологических процессах гальванических производств различных органических добавок (органические блескообразующие добавки, декстрины, сахарин, уротропин, лимонная кислота и т.д.), различных синтетических моющих средств, поверхностно-активных веществ; во-вторых, с наличием следов жировых загрязнений органического

Таблица 1
Состав гальваношлама, внесенного в почву

Ni, (%), мас.	Cu, (%), мас.	Cr, (%), мас.	Co, (%), мас.	Sr, Pb, As, Zn, Fe, V, Ti, (%), мас.	MnO, (%), мас.	Влажность, (%)	рН	Органическое вещество, (%)
39,046	25,008	34,156	0,359	остальное	1,34	24,16%	5,01	0,869

Таблица 3

Функциональные показатели дерново-подзолистой почвы

Глубина отбора проб	Водородный показатель, рН		Нитраты, мг/кг		Дыхание, мг CO ₂ /10 г почвы/ 24 часа		Органическое вещество, (%)	
	контр.	опыт	контр.	опыт	контр.	опыт	контр.	опыт
0–10	3,5 ± 0,04	4,3 ± 0,03	48,5 ± 1,4	7,4 ± 0,09	3,2 ± 0,01	3,7 ± 0,15	1,8 ± 0,02	2,5 ± 0,07
10–20	3,7 ± 0,02	4,3 ± 0,4	0,7 ± 0,04	0,6 ± 0,05	3,4 ± 0,02	2,6 ± 0,05	2,1 ± 0,06	2,6 ± 0,05
20–40	3,4 ± 0,02	3,8 ± 0,01	1,6 ± 0,05	0,5 ± 0,03	3,0 ± 0,1	2,8 ± 0,04	2,1 ± 0,07	2,3 ± 0,06

происхождения и синтетических минеральных масел в промывных водах после ванн химического и электрохимического обезжиривания и ванн электрохимического нанесения покрытий [9].

Известно, что дерново-подзолистые почвы характеризуются сильноокислым показателем рН среды, который оказывает непосредственное влияние на развитие корней и доступ к растению питательных веществ. Повышенная кислотность почвы нейтрализует деятельность полезных бактерий, участвующих в разложении торфа, навоза, компостов и прочих местных удобрений. Они помогают высвободить в доступную форму находящиеся в растениях питательные вещества. Клубеньковые бактерии, живущие на корнях бобовых растений, на кислых почвах также плохо развиваются. В условиях с повышенной рН кислотностью почвы также гибнут бактерии, обитающие вблизи корней, которые усваивают азот и накапливают его в почве. От показателей кислотности также зависит проникновение в ткани растений тяжелых металлов из почвы. Кислая почва является благоприятным условием для накопления в растениях тяжелых металлов. В опыте произошло статистически достоверное увеличение рН на анализируемой глубине 0–10 см ($p \leq 0,01$), 10–20 см ($p \leq 0,05$), 20–40 см ($p \leq 0,01$). Скорее всего, это можно объяснить тем, что рН ГШ, вносимого в почву, значительно выше рН контроля.

Одним из наиболее необходимых для развития растений химическим элементом почв является азот. Азот – это составляющая часть растительных протеинов, хлорофилла, ДНК (генетический код), энзимов и многих других компонентов, необходимых для роста растений. Растения потребляют азот в виде нитратов и ионов аммония. Концентрации этих ионов отражают состояние почвенных сообществ, поскольку на данные показатели влияет состояние биоты (растений, микрофлоры), состояние атмосферы, вымывание из почвы различных веществ. Очень большую роль в круговороте азота

играют почвенные микроорганизмы. Они способны снижать концентрации азотсодержащих веществ, губительные для других живых организмов. Они могут переводить токсичный для живых существ аммиак в менее токсичные нитраты и в биологически инертный атмосферный азот. Стоит отметить, что в дерново-подзолистых почвах запас нитратов истощается гораздо быстрее, чем в черноземах.

В нашем опыте содержание нитратов в почве на глубине 0–10 см по сравнению с контролем снизилось очень значительно ($p \leq 0,01$). Менее существенно, но также статистически достоверно, наблюдаем снижение содержания нитратов на глубине 10–20 см ($p \leq 0,01$) и 20–40 см ($p \leq 0,01$).

В результате биологических процессов в почве происходит поглощение кислорода и выделение углекислого газа. Интенсивность выделения последнего зависит от продуцирования CO₂ почвой, ее физических и химических свойств, гидротермических условий. Решающая роль в продуцировании углекислого газа принадлежит биологическим факторам, поэтому объемы выделяющегося с поверхности почвы CO₂ могут характеризовать интенсивность протекающих в ней биохимических процессов и служить интегральным показателем ее экологического состояния. В качестве одного из наиболее общих показателей биологической активности почв часто называют «дыхание» почв – выделение углекислого газа и поглощение кислорода почвой [2]. Выделение углекислого газа из почвы отражает интенсивность жизнедеятельности почвенной биоты, скорость минерализации опада и подстилки. Интенсивность «дыхания» относится к лабильным современным признакам, но в то же время она тесно связана с суммарной биологической активностью и является очень четким и выразительным показателем изменения скоростей процессов в сезонной динамике, при изменении погодных условий, при загрязнении почв и т.д. [3].

В нашем случае статистически достоверно увеличались показатели дыхания почвы на глубине 0–10 см ($p \leq 0,01$). Вероятно, это обусловлено присутствием органического вещества в ГШ (табл. 1), который вносили как раз на данную глубину. А вот на глубине 10–20 и 20–40 см произошло статистически достоверное снижение данного показателя ($p \leq 0,01$) и ($p \leq 0,05$) соответственно.

Органическое вещество – важнейшая составная часть почвы. Пополнение его происходит под влиянием корневых и пожнивных остатков растений, микроорганизмов и почвенной фауны. Органическое вещество в почве состоит из негумифицированной части (неразложившиеся или полуразложившиеся растительные и животные остатки, плазма микроорганизмов) и гумуса. В почве также находятся углеводы, белковые и другие азотсодержащие органические соединения, органические кислоты, жиры, являющиеся промежуточными продуктами распада остатков растительного и животного происхождения и тел микроорганизмов. На негумифицированную часть приходится только 10–15% общего количества органического вещества почвы. Вместе с тем роль их в питании растений и жизни почвы исключительно велика. Негумифицированные органические вещества под влиянием микроорганизмов сравнительно быстро разлагаются в почве, обогащая ее необходимыми элементами пищи в доступной для растений форме.

В результате распада некоторой части остатков образуются сложные специфические органические вещества, из которых возникает гумус, который служит основным источником пищи и энергетическим материалом для большинства микробов. При аэробном его разложении освобождаются почти все основные элементы, необходимые растениям (N, P, K, Ca и др.). Кроме того, органические кислоты гумуса разлага-

ют углекислые соли кальция и магния и переводят трехкальциевый фосфат в монофосфат и дифосфат, т.е. в более доступные растениям формы. Гумус является одним из главных факторов создания структуры почвы, оказывает положительное влияние на ее водно-воздушный и тепловой режимы. Чем больше гумуса в почве, тем выше у нее поглотительная способность и буферность.

В дерново-подзолистых почвах больше фульвокислот и меньше гуминовых, чем в черноземах.

В нашем исследовании произошло статистически достоверное увеличение показателей содержания органического вещества в опыте по сравнению с контролем на глубине 0–10 см ($p \leq 0,01$), 10–20 см ($p \leq 0,01$), 20–40 см ($p \leq 0,05$). Возможно, это обусловлено присутствием органического вещества в ГШ.

Фитотоксичное действие тяжелых металлов проявляется, как правило, при высоком уровне техногенного загрязнения ими почв и во многом зависит от свойств и особенностей поведения конкретного металла. Однако в природе ионы металлов редко встречаются изолированно друг от друга. Поэтому разнообразные комбинативные сочетания и концентрации разных металлов в среде приводят к изменениям свойств отдельных элементов в результате их антагонического воздействия на живые организмы. Растения, будучи чувствительными индикаторами геохимической среды, накапливают металлы из загрязненных почв и воздуха и могут аккумулировать самые разные металлы в зависимости от характера промышленного загрязнения. Пожалуй, одним из главных показателей адаптации растений к наличию в почве токсикантов является показатель фитомассы [8].

В нашем исследовании на фитотоксичность оказалось, что добавленный в почву ГШ угнетающе действует на рост и развитие овса посевного (*Аvena sativa*) (табл. 4, рис. 1, 2).

Таблица 4

Фитомасса овса посевного (*Аvena sativa*)

	Фитомасса надземной части, г		Фитомасса подземной части, г	
	контроль	опыт	контроль	опыт
1 месяц	8,74 ± 0,35	1,2 ± 0,4	3,13 ± 0,07	0,29 ± 0,05
2 месяц	5,03 ± 1,5	0,43 ± 0,18	1,37 ± 0,35	0,2 ± 0,03
3 месяц	1,91 ± 0,6	0,35 ± 0,23	0,41 ± 0,08	0,16 ± 0,1



Рис. 1. Фитомасса надземной части овса посевного (*Avena sativa*) (опыт, контроль) в конце первого месяца эксперимента



Рис. 2. Фитомасса надземной части овса посевного (*Avena sativa*) (опыт, контроль) в конце третьего месяца эксперимента

Статистически достоверно снизилась биомасса надземной ($p \leq 0,01$) и подземной части овса через 1, 2 месяца опыта ($p \leq 0,01$) и через 3 месяца ($p \leq 0,05$).

Закключение

В результате опыта было установлено, что внесенный ГШ в дерново-подзолистые почвы в количестве $3,5 \text{ кг/дм}^2$ статистически достоверно снижает показатели содержания нитратов и дыхание почвы. Статистически достоверно увеличались показатели pH и содержание органического вещества в почве, что, вероятно, связано с показателями pH ГШ и содержанием в нем органического вещества. Установлено, что внесенный в почву ГШ угнетающе действует на рост и развитие овса посевного (*Avena sativa*).

Список литературы

1. Вяль Ю.А. Оценка биологической активности почв городских ландшафтов (на примере г.Заречный) / Ю.А. Вяль, А.В. Шиленков // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. Естественные науки. – 2009. – № 14 (18). – С. 7–10.

2. Галстян А.Ш. Ферментативная активность почв Армении. – Ереван: Айастан, 1974. – 276 с.

3. Звягинцев Д.Г. Биология почв и их диагностика // Проблемы и методы био-логической диагностики и индикации почв. – М.: Наука, 1976.

4. Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа. – СПб.: ООО «НПО «Спектрон», 2004. – 16 с.

5. О состоянии окружающей природной среды и здоровье населения Владимирской области в 2006 году // Ежегодный доклад под редакцией С.А. Алексеева. – Владимир, 2007. – 158 с.

6. ПНД Ф 16.2.2:2.3:3.27-02. Методика выполнения измерений массовой доли влаги (влажности) в твердых и жидких отходах производства и потребления, осадках, шламах, активном иле, донных отложениях гравиметрическим методом.

7. ПНД Ф 16.2.2:2.3:3.33-02. Методика выполнения измерений водородного показателя pH в твердых и жидких отходах производства и потребления, осадках, шламах, активном иле, донных отложениях потенциометрическим методом.

8. Трифонова Т.А. Фитоэкстракция тяжелых металлов из загрязненных почв на примере системы «почва – гальваношлам – луговая растительность» / Т.А. Трифонова, Е.Ю. Алхутова // Экология и промышленность. – 2012. – № 1. – С. 33–37.

9. Чухланов В.Ю. Оценка устойчивости полиорганосилоксановой композиции, наполненной гальваническим шламом к биоповреждающей активности микромицетов / В.Ю. Чухланов, О.Г. Селиванов, Т.А. Трифонова, О.Н. Сахно, Н.В. Селиванова, А.Ю. Анпилова // Химическая промышленность сегодня. – 2014. – № 6. – С. 39–45.